Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 1, Apr. May. 2018, p. 17- 26

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 1، فروردین-اردیبهشت 1397 ص. 26-17

مدل‌سازی برخی از خصوصیات شیمیایی روغن سیاه‌دانه تحت تاثیر پیش‌تیمار مایکروویو و سرعت دورانی پرس مارپیچی

حمید بخش آبادی[1]- حبیب الله میرزایی*[2]- علیرضا قدس‌ولی[3]- سید مهدی جعفری[2]- امان محمد ضیایی‌فر[2]

تاریخ دریافت: 1395/05/02
تاریخ پذیرش: 1395/08/15

چکیده

در این تحقیق به‌منظور مدل‌سازی شبکه‌های عصبی مصنوعی فرایند استخراج روغن از دانه‌های سیاه‌دانـه بـه کمـک پـیش‌تیمـار مـایکروویو از زمان‌های مختلف فرایند (90، 180 و 270 ثانیه) و توان‌های مختلف (180، 540 و 900 وات) استفاده گردید. بعد از اعمال این پیش‌تیمارها، روغن دانه‌ها با پرس مارپیچی و با سرعت‌های متفاوت (11، 34 و 57 دور در دقیقه) استخراج شد و میزان راندمان استخراج، اندیس اسیدی و اسیدیته، رنگ و پایداری اکسیداتیو نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. جهت پیش‌بینی روند تغییرات از ابزارشبکه‌های عصبی مصنوعی در نرم‌افزار Matlab R2013a استفاده شد. با بررسی توپولوژی‌های مختلف شبکه عصبی، شبکه پس‌انتشار پیشخور با توپولوژی‌های 3-10-5 با ضـریب همبسـتگی بیشـتر از 0/995 و میـانگین مربعات خطای کمتر از 0/0005 و با بکارگیری تابع فعال‌سازی تانژانت سیگموئید هیپربولیکی، الگوی یادگیری لونبرگ– مـارکوات و چرخـه یـادگیری 1000 به‌عنوان بهترین مدل عصبی مشخص گردید. نتایج حاصل از مدل‌های بهینه انتخاب شده نیز ارزیابی گردید و این مدل‌ها با ضرایب همبسـتگی بالا (بیش از 0/949) قادر به پیش‌بینی روند تغییرات بودند.

واژه‌های کلیدی: استخراج روغن، سیاه‌دانه، سرعت دورانی پرس، مایکروویو، شبکه‌های عصبی مصنوعی

مقدمه

اخیـراً بـا رشـد دانـش عمـومی، تقاضـای مـردم بـرای مصـرف روغن‌هایی که علاوه‌بر تأمین انرژی و ایجاد طعم بر سلامتی هم تأثیر مفید داشته باشد، افزایش یافته است. با توجه به این‌کـه بـیش از 90 درصد روغن مصرفی کشور از خارج، ایران تأمین مـی‌شـود، بنـابراین استفاده از منابع موجود در کشور برای رسیدن به خودکفایی و افزایش سطح زیر کشت دانه‌های روغنی رایج، شناسایی و کشت منابع جدیـد گامی برای تأمین روغن مورد نیـاز کشـور اسـت (گلـی و همکـاران، 1386). یکی از منابع روغنی جدید که غالباً به‌عنوان چاشنی در مـواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد و دارای خواص دارویی و تغذیه‌ایـی مناسب است، سیاه‌دانه می‌باشـد (Cheikh-Rouhou *et al.*, 2007). سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.)، گیاهی از تیـره آلالـه بـوده و بـومی غرب آسیا است که دارای 24/48-40/35 درصد روغن و 20/8-26/7 درصد پروتئین می‌باشد (Atta, 2003). این گیاه، هم به‌صورت وحشی و هم به‌صورت زراعی رشد می‌کند که در ایـران سـیاه‌دانـه بیشـتر در اراک و در مناطقی از کرمانشاه به طور خودرو می‌روید (امیر مـرادی و رضوانی مقدم، 1390). روش‌های استخراج روغن از دانه‌های روغنـی، استفاده از پرس و حلال می‌باشد که موثرترین روش استخراج روغـن از دانه‌هایی با روغن زیاد، پرس مکانیکی و به دنبال آن استخراج بـا حلال می‌باشـد (Savoire *et al.*, 2013). بـه دلایـل اقتصـادی و کاربردی هگزان عمده‌ترین حلال مورد استفاده در استخراج روغـن از دانه‌های روغنی به‌شمار می‌رود (Singh *et al.*, 2008)، اما استفاده از حلال، معایبی همچون زمان طولانی فرایند، هزینه‌های بالا، مسـائل ایمنی، انتشار ترکیبات آلی فرار به محیط و کیفیت پایین محصولاتی که از طریق دماهای بالای فراوری ایجاد می‌شوند را نیز به‌همراه دارد (Anderson, 1996). به‌طور کلی، استخراج روغن بـا پـرس روشـی است که در مقایسه با روش استفاده از حـلال، سـاده‌تـر، ایمـن‌تـر و کم‌هزینه‌تر بوده و لذا مزایای این روش آن را، نسـبت بـه اسـتفاده از حلال کاراتر می‌سازد. بازده استخراجی روغن در پرس گـرم بـالاتر از پرس سرد بوده ولی به‌دلیل حرارت تولید شده در حین فشردن، کیفیت روغن حاصله پائین‌تر است و این در حالی است که روغـن حاصـله از

1 و 2- به‌ترتیب. دانشجوی دکتری و دانشیار، گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
3- دانشیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.
(* - نویسنده مسئول: Email: habibmirzaei@yahoo.ca)
DOI: 10.22067/ifstrj.v1395i0.57722

پرس سرد خواص طبیعی خود را بهتر حفظ نموده و عاری از مواد شیمیایی می‌باشد، به‌همین منظور تقاضای مصرف روغن‌های حاصل از پرس سرد در حال افزایش می‌باشد (Singer *et al*., 2008). در استخراج روغن به روش پرس سرد، عوامل مختلفی از قبیل فشار پرس، رطوبت دانه و درجه حرارت فرایند بر راندمان روغن استخراج شده تاثیر دارد. در فرایند استخراج روغن، تیماردهی مناسب دانه قبل از استخراج یکی از مهمترین و ضروری‌ترین مراحل برای تولید محصولی با کیفیت و راندمان بالاست (Azadmard *et al*., 2010). بنابراین اخیراً تکنیک‌هایی از قبیل استخراج با حلال فوق بحرانی (Meireles and Angela, 2003)، فراصوت (Lou *et al*., 2010)، مایکروویو (Taghvaei *et al*., 2014) و میدان‌های الکتریکی متناوب[1](Zeng *et al*., 2010) مورد توجه قرار گرفته است. اشعه‌های مایکروویو، امواج الکترومغناطیس غیریونیزه با فرکانس 300 مگاهرتز تا 300 گیگاهرتز هستند که بین امواج رادیویی و مادون قرمز در طیف الکترومغناطیس قرار دارند. این امواج از دو میدان عمودی نوسانی یعنی میدان الکتریکی و مغناطیسی ساخته می‌شوند. در این فرایند، حرارت‌دهی در یک مسیر مشخص و انتخابی و بدون اتلاف حرارت به محیط اتفاق می‌افتد، یعنی همانند حرارت‌دهی در یک سیستم بسته می‌باشد. این مکانیسم حرارت‌دهی منجر به کاهش زمان استخراج در مقایسه با روش‌های مرسوم روغن‌کشی می‌شود. اثر این فرایند به وسیله دو پدیده انتقال یونی و چرخش دو قطبی می‌باشد که در اکثر موارد این دو همزمان اتفاق می‌افتد (Mandal *et al*., 2007). انرژی این امواج به ماده غذایی نفوذ کرده و حرارت داخلی تولید می‌کند این مسئله منجر به نرخ حرارتی بیشتر و کوتاه‌تر شدن زمان فرایند می‌گردد. در دانه‌های روغنی آب به‌عنوان یک ماده دو قطبی به میزان فراوانی یافت می‌شود، هرچند در این رابطه مواد دیگری همچون نمک و پروتئین نیز می‌توانند به‌عنوان ترکیبات دی‌الکتریک عمل نمایند (Sultana *et al*., 2007). توان مایکروویو و زمان اشعه‌دهی دو فاکتوری هستند که در مقادیر بالا همدیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهند. ترکیب توان کم یا متوسط با زمان اشعه‌دهی طولانی ممکن است روش مناسب و معقولی باشد. توان باید به‌طور صحیحی برای جلوگیری از افزایش دما انتخاب شود که دمای بالا می‌تواند منجر به تجزیه ماده حل‌شونده و همچنین فشار بالای درون محفظه شود (Wang and Weller, 2006). در زمینه تأثیر مایکروویو به‌عنوان پیش‌تیمار در حین استخراج روغن می‌توان به‌برخی از مطالعات اشاره نمود، برای مثال Terigar و همکاران در سال 2011، مطالعه‌ایی بر استخراج روغن از سویا و برنج تحت تأثیر مایکروویو انجام دادند و بیان داشتند که راندمان استخراج روغن بر اثر استفاده از این پیش‌تیمارها، افزایش می‌یابد و با افزایش قدرت مایکروویو و همچنین مدت زمان در معرض قرار گرفتن نمونه‌ها تحت تأثیر این امواج راندمان استخراج روغن افزایش یافت. Taghvaei و همکاران (2014) مطالعه‌ایی با هدف افزایش راندمان استخراج روغن از دانه‌های کتان به کمک مایکروویو و به‌دست آوردن روغنی با کیفیت بهتر صورت‌دادند، نتایج آن‌ها نشان داد که برای رسیدن به این اهداف بایستی نمونه‌ها برای 3/5 دقیقه در معرض مایکروویو قرار گیرند در حالی‌که رطوبت دانه‌ها 14 درصد بود. امروزه با توسعه فناوری‌های پردازش رایانه‌ای، از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)[1] به‌طور گسترده‌ای به‌منظور مدل‌سازی فرایندهای صنایع غذایی و پیشگویی پارامترهای مورد نظر در طراحی و توسعه سیستم‌ها استفاده می‌شود. شبکه‌های عصبی قادر به مدل‌سازی سیستم‌های غیرخطی و پیچیده با تعداد زیادی داده ورودی و خروجی می‌باشند و در اکثر موارد نتایج قابل قبولی توسط محققان گزارش شده است (Yolmeh *et al*., 2014). در گذشته برخی از محققین اقدام به ارائه مدل‌های مختلف جهت پیش‌بینی پارامترهای کیفی انواع روغن نموده‌اند که از آن جمله می‌توان به Karaman و همکاران (2012) در کاربرد و مقایسه روش انفیس (ANFIS) و هوش مصنوعی برای پیش‌بینی زمان ماندگاری روغن آفتابگردان حاوی آنتی‌اکسیدان اشاره کرد. در زمینه مدل‌سازی استخراج روغن از دانه‌هایی که علاوه‌بر مصرف تغذیه‌ایی، خواص درمانی هم داشته باشند، تحت تاثیر پیش‌تیمار مایکروویو مطالعات اندکی وجود دارد، لذا در این پژوهش با هدف پیش‌بینی روند تغییرات خصوصیات شیمیایی روغن در فرایند استخراج روغن از دانه‌های سیاه‌دانه و مدل‌سازی از ابزار شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده می‌گردد.

مواد و روش‌ها

دانه‌های سیاه‌دانه مورد استفاده در این تحقیق از بازار محلی شهرستان گنبد کاووس و مواد شیمیایی، هیدروکسیدسدیم، فنل فتالئین و الکل اتیلیک از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

آماده‌سازی نمونه و استخراج روغن

در این تحقیق، دانه‌های سیاه‌دانه (با 38 درصد روغن) پس از تهیه، بوجاری شده و در کیسه‌های پلاستیکی مقاوم نسبت به نفوذ هوا و رطوبت تا زمان آزمایشات نگهداری شدند. سپس، آنها تحت تأثیر پیش‌تیمارهای مختلف مایکروویو(LG، کره‌جنوبی) با زمان‌های مختلف فرایند (90، 180 و 270 ثانیه) و توان‌های مختلف (180، 540 و 900 وات) قرار گرفتند (Kittiphoom and Sutasinee, 2015). بعد از اعمال این تیمارها، روغن دانه‌ها با پرس مارپیچی (Kern Kraft، آلمان) که ظرفیت آن 8 کیلوگرم در ساعت بود و با سه سطح سرعت مارپیچ (11، 34 و 57 دور در دقیقه) استخراج گردید و روی

1 Artificial Neural Network

این روغن‌ها، آزمایشات مختلف، صورت گرفت.

راندمان استخراج روغن با پرس

برای مشخص کردن راندمان استخراج روغن، ابتدا وزن دانه مصرف شده و وزن روغن حاصل از آن توسط ترازوی دیجیتال(Gec Avery، انگلستان)تعیین شد و با استفاده از رابطه 1 میزان آن به‌دست آمد (AOAC, 2008).

(1) 100× (وزن دانه‌های اولیه /وزن روغن حاصله)= راندمان استخراج روغن (%)

اندازه‌گیری اندیس اسیدی و اسیدیته

برای اندازه‌گیری اندیس اسیدی و اسیدیته از روش AOCS Cd 3–63 (1993) استفاده شد.

آزمون پایداری اکسیداتیو

میزان پایداری اکسیداسیونی روغن‌ها به وسیله دستگاه رنسیمت (Metrohm، سوئیس) و مطابق روش (AOCS, 1993)، در دمای 110 درجه سانتی‌گراد و با سرعت جریان هوا 25 لیتر بر ساعت اندازه‌گیری گردید.

رنگ

برای سنجش رنگ که اغلب مخلوطی از رنگ‌های قرمز و زرد است از روش اسپکتروفتومتری استفاده شد. برای این منظور دانسیته اپتیک روغن را در طول موج‌های 460، 550، 620 و 670 نانومتر با اسپکتروفتومتر (Biochrom، انگلیس) اندازه‌گیری و سپس از رابطه 2 برحسب رنگ زرد لاویباند مقدار رنگ اندازه‌گیری شد (AOCS, 1993).

(2) $1/29A_{460}+69/7A_{550}+41/2A_{620}-56/4A_{670}$=شاخص رنگ

پیش‌بینی فرایند استخراج روغن سیاه‌دانه با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

جهت تعیین شبکه عصبی بهینه از ابزار شبکه عصب نرم‌افزار مطلب استفاده شد. جهت طراحی این شبکه سه ورودی زمان و توان مایکروویو و سرعت دوران مارپیچ دستگاه پرس روغن‌کشی در یک ماتریس سه سطری و میزان راندمان روغن، عدد اسیدی و اسیدیته، و میزان رنگ و پایداری اکسیداتیو در یک ماتریس 5 سطری به‌عنوان هدف تعریف گردید. شبکه‌های عصبی مختلف شامل توابع فعال‌سازی و یادگیری متفاوت و همچنین تعداد نرون مختلف در لایه پنهان طراحی و میزان کارایی آنها با استفاده از دو معیار ارزیابی ضریب همبستگی(R^2) و میانگین مربعات خطا (MSE) که به‌ترتیب با رابطه‌های 3 و 4 تعیین شدند، مشخص گردید. ابتدا با آزمودن شبکه‌های عصبی مختلف، شبکه عصبی پیشخور با بالاترین کارایی انتخاب گردید و تعداد چرخه‌های یادگیری نیز 1000 در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن این موارد، شبکه‌های عصبی مختلف حاوی یک لایه‌پنهان که تعداد متفاوتی از نرون‌ها از 1 تا 10 مورد را می‌توانست داشته باشد طراحی گردید. جهت اتصال لایه‌ی ورودی به لایه پنهان توابع فعال‌سازی تانژانت سیگموئید هیپربولیکی، لگاریتمی و خطی در مراحل مختلف آزمون و خطای شبکه‌ها استفاده گردید. همچنین جهت اتصال لایه‌ی پنهان به لایه‌ی خروجی تابع فعال‌سازی خطی به صورت ثابت استفاده شد. علاوه بر موارد ذکر شده دو الگوی یادگیری متفاوت شامل الگوی لونبرگ – مارکوات[1] و جهنده[2] در شبکه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت و تاثیر آنها بر دقت شبکه‌ها ارزیابی گردید. در این معادلات Y_{pi} نسبت ویژگی‌های پیش‌بینی شده توسط شبکه، Y_{ei} نسبت ویژگی‌های حاصل از انجام آزمایشات و $\overline{Y}$ میانگین نسبت‌های ویژگی‌های آزمایشگاهی و N تعداد کل مشاهدات است.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(Y_{pi}-Y_{ei})^2}{\sum_{i=1}^{N}(Y_{pi}-\overline{Y})^2} \quad (3)$$

$$MSE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(Y_{pi}-Y_{ei}\right)^2 \quad (4)$$

وارد کردن داده‌ها به‌صورت خام باعث کاهش سرعت و دقت شبکه می‌شود. از این رو داده‌های ورودی به شبکه بایستی نرمال شوند. در صورتی که این مرحله انجام نشود، شبکه در طول فاز آموزش همگرا نخواهد شد و نتایج مطلوب تولید نخواهد شد. در این بررسی برای تعدیل کردن داده‌ها از رابطه (5) استفاده شده است که ورودی‌ها و خروجی‌ها را بین 0 و 1 استاندارد می‌نماید.

$$V_N = \frac{V_R - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \quad (5)$$

در این معادله: V_R داده خام اولیه، V_N داده نرمالیزه شده، V_{max} و V_{min} به ترتیب مقادیر بیشینه و کمینه داده‌های اولیه می باشند.

نتایج و بحث

جداول 1 تا 3 مقایسه اثر تعداد نورون‌های لایه پنهان و نوع الگوی یادگیری را بر دقت پیش‌بینی شبکه‌های عصبی پس‌انتشار پیشخور به ترتیب با توابع انتقال تانژانت سیگموئید هیپربولیکی، لگاریتمی و خطی و چرخه یادگیری 1000، را نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر میانگین مربعات خطا و ضریب همبستگی ارائه شده در این جداول، شبکه عصبی پیشخور با تابع انتقال لگاریتم سیگموئیدی، تابع یادگیری جهنده و با توپولوژی 5-10-3 (لایه ورودی با 3 نورون- یک لایه پنهان با 10 نورون- لایه خروجی با 5 نورون) با ضریب

1Levenberg–Marquardt learning algorithm
2 Resilient backpropagation (trainrp)

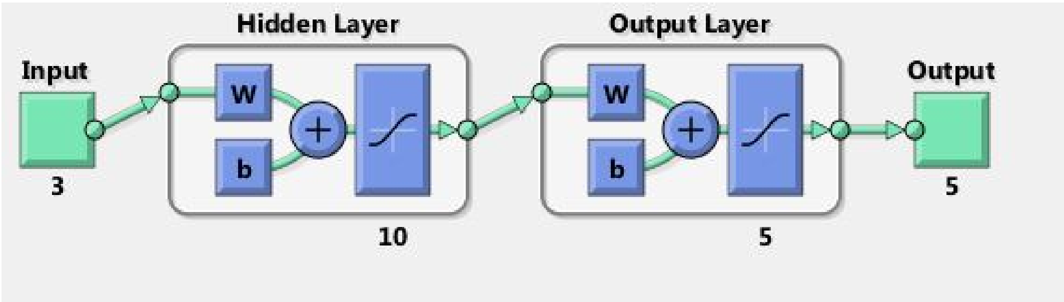
همبستگی بیش از 0/995و میانگین مربعات خطا برابر با 0/0005 به عنوان شبکه عصبی بهینه انتخاب می‌شود.

جدول 1- مقایسه اثر تعداد نورون‌های لایه پنهان و نوع تابع یادگیری و تابع فعال‌سازی تانژانت هیبربولیک سیگموئیدی بر دقت پیش‌بینی خصوصیات مختلف روغن سیاه‌دانه

تعداد نرون	جهنده‌الگوی MSE	جهنده‌الگوی R^2	الگوی لونبرگ مارکوات MSE	الگوی لونبرگ مارکوات R^2
2	0/0028	0/974	0/0031	0/975
3	0/0021	0/986	0/0034	0/972
4	0/0021	0/989	0/0011	0/990
5	0/0011	0/992	0/0014	0/991
6	0/0012	0/992	0/0011	0/993
7	0/0018	0/990	0/0009	0/991
8	0/0008	0/991	0/0010	0/992
9	0/0015	0/990	0/0029	0/981
10	0/0011	0/989	**0/0005**	**0/995**

جدول 2- مقایسه اثر تعداد نورون‌های لایه پنهان و نوع تابع یادگیری و تابع فعال‌سازی لگاریتم سیگموئیدی بر دقت پیش‌بینی خصوصیات مختلف روغن سیاه‌دانه

تعداد نرون	جهنده‌الگوی MSE	جهنده‌الگوی R^2	الگوی لونبرگ مارکوات MSE	الگوی لونبرگ مارکوات R^2
2	0/0023	0/973	0/0027	0/978
3	0/0019	0/988	0/0425	0/721
4	0/0018	0/986	0/0019	0/988
5	0/0034	0/972	0/0018	0/985
6	0/0017	0/972	0/0013	0/986
7	0/0018	0/992	0/0009	0/994
8	0/0009	0/993	0/0011	0/994
9	0/0026	0/987	0/0012	0/993
10	0/0009	0/993	0/0013	0/990



شکل 1- شماتیکی از شبکه بهینه انتخاب شده حاوی سه نرون در لایه ورودی 10 نرون در لایه پنهان با تابع فعال‌سازی تانژانت هیبربولیک سیگموئیدی و 5 نرون در لایه پنهان با تابع تانژانت هیبربولیک سیگموئیدی

جدول 3- مقایسه اثر تعداد نورون‌های لایه پنهان و نوع تابع یادگیری و تابع فعال‌سازی خطی بر دقت پیش‌بینی خصوصیات مختلف روغن سیاه‌دانه

	جهنده‌الگوی		الگوی لونبرگ مارکوات	
تعداد نرون	MSE	R^2	MSE	R^2
2	0/0038	0/973	0/0054	0/972
3	0/0045	0/977	0/0035	0/977
4	0/0028	0/976	0/0030	0/987
5	0/0039	0/977	0/0029	0/976
6	0/0040	0/970	0/0041	0/975
7	0/0023	0/969	0/0020	0/977
8	0/0035	0/977	0/0052	0/969
9	0/0032	0/974	0/0040	0/976
10	0/0042	0/959	0/0032	0/977

همچنین میزان بالای ضرایب همبستگی نمودارهای شکل 2 که مقادیر پیش‌بینی شده توسط این شبکه بهینه در مقابل داده‌های آزمایشگاهی را برای 5 متغیر خروجی مورد نظر نشان می‌دهد را می‌توان دلیلی دیگر بر دقت بالای این مدل دانست. Khazaei و Daneshmandi (2007)، خشک‌کردن لایه نازک یکی از دانه‌های روغنی را با استفاده از مدل‌های ریاضی و همچنین با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل‌سازی کردند. مدل‌های ریاضی بررسی شده شامل مدل پیچ، هندرسون و پابیس، لگاریتمیک و ویبول بود که با مدل شبکه عصبی مقایسه گردیدند. شبکه عصبی مصنوعی نسبت به مدل‌های ریاضی با قدرت بهتری قادر به پیش‌بینی پارامتر مورد نظر بود. شبکه بهینه‌ی انتخاب شده با توپولوژی 2-6-3-1 با تابع انتقال تانژانت هیبربولیک سیگموئیدی بود. این مدل قادر به پیش‌بینی نسبت رطوبت با ضریب همبستگی بیشتر از 0/998 و میانگین مربعات خطای کمتر از 0/0192 بود. Lu و همکاران (2007) نیز استفاده از شبکه‌های عصبی مختلف را در صنعت روغن مورد بررسی قرار دادند و نتایج حاکی از دقت قابل قبول این روش در مدل‌سازی فرایندها در مقیاس صنعتی بود. در مطالعه‌ایی دیگر Przybylski و Zambiazi (2000) ویژگی‌های مختلف روغن کانولا را با استفاده از شبکه عصبی شبیه‌سازی نمودند و نتایج این بررسی نشان داد که مدل ارائه شده می‌تواند جانشین بسیار قدرتمندی برای سایر مدل‌های آماری باشد. Klaypradit و همکاران (2011) از شبکه عصبی برای پیش‌بینی پایداری اکسیداسیونی روغن ماهی با استفاده از روش اسپکتروسکوپی مادون قرمز فوریه استفاده کردند. متغیرهای مورد استفاده آنها عبارت بودند از: طول موج و میزان جذب اسپکتروسکوپی مادون قرمز در لایه ورودی و عدد پراکسید (برای اندازه‌گیری محصولات حاصل از تغییرات اکسیداسیون اولیه) و عدد آنیسیدین برا ی اندازه‌گیری محصولات حاصل از اکسیداسیون ثانویه) در لایه خروجی در نظر گرفته شد و در پایان مدل حاصل از شبکه عصبی با دقت مناسبی توانست تغییرات اکسیداسیون روغن ماهی را پیش‌بینی کند. آن‌ها اعلام کردند که عدد آنیسیدین به علت اهمیت بیشتر محصولات ثانویه‌اکسیداسیون از دقت بیشتری برای مدل‌سازی برخوردار بود.

همچنین بهینه‌سازی پارامترهای فرایندی روغن‌های گیاهی خوراکی و همچنین ضایعات حاصل از آن‌ها با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی توسط محققینی مانند Antonio و Dorado (2006) و Machavaram و همکاران (2008) با موفقیت انجام شده است.

نتیجه‌گیری

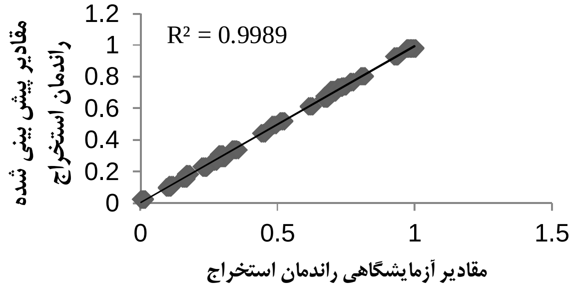
در این پژوهش عملیات مدل‌سازی پارامترهای استخراج روغن از سیاه دانه به کمک پیش تیمار مایکروویو توسط شبکه عصبی مصنوعی مورد آنالیز قرار گرفت. عملیات مدل‌سازی با 1 لایه پنهان مورد ارزیابی قرار گرفت. شبکه‌ی مورد استفاده برای مدل‌سازی، شبکه پس‌انتشار پیشخور بود. از توابع فعال‌سازی مختلف برای تعیین بهترین نوع تابع در تخمین ویژگی‌های استخراج روغن از سیاه دانه با پیش تیمار مایکروویو مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که بهترین عملکرد مدل‌سازی با تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک برای پارامترهای مورد بررسی با توپولوژی 5-10-3 می‌باشد. بطور کلی مقایسه توابع نشان داد که تابع فعال‌سازی تانژانت هیپربولیک به دلیل داشتن کمترین خطای نسبی و بیشترین ضریب تبیین نسبت به توابع دیگر از دقت بالاتری در پیش‌بینی پارامترهای استخراج روغن از سیاه دانه برخوردار می‌باشد

$$A=\begin{pmatrix} 1/447 & 1/0313 & 0/34723 \\ 5/5786 & -3/0191 & 1/1481 \\ 4/8619 & -2/0995 & 1/1508 \\ -1/9823 & -2/0662 & -1/7723 \\ 0/10236 & -0/4208 & -0/2818 \\ -1/3908 & -0/83441 & -0/25297 \\ 3/1369 & -0/67815 & 0/68124 \\ 3/4703 & -1/8999 & 0/94789 \\ 1/846 & 0/96674 & 0/14392 \\ -2/170 & 0/069552 & 0/057547 \end{pmatrix}$$

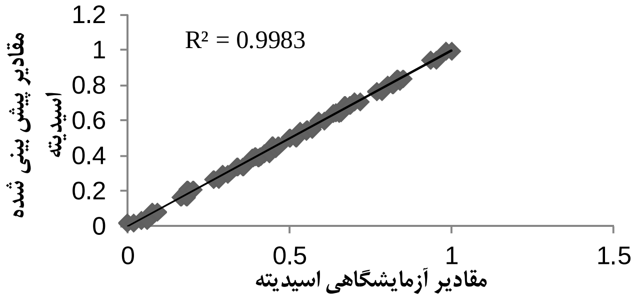
$$B=\begin{pmatrix} 3/1256 & 2/121 & -2/3059 & 0/34041 & 0/88107 & -1/0219 & -1/4173 & 0/5763 & 1/5468 & -1/8873 \\ 1/4461 & -1/3051 & 1/4447 & 0/02825 & 0/02896 & -0/20230 & 0/42647 & -0/1061 & 1/2688 & 0/7927 \\ 1/5218 & -1/4435 & 1/5916 & 0/029218 & 0/012106 & -0/1781 & 0/49426 & -0/13776 & 1/3365 & 0/8765 \\ 1/6714 & -0/9277 & 0/96949 & 0/193 & -0/806 & -0/14982 & 0/7377 & -0/024756 & 0/6360 & 2/0017 \\ -0/58506 & 0/54132 & -0/58885 & -0/028165 & 0/03489 & 0/22418 & -0/05043 & -0/00100 & -0/7378 & 0/30206 \end{pmatrix}$$

در ضمن ماتریس‌های بایاس برای لایه پنهان (ماتریس C) و لایه خروجی (ماتریس D) به‌ترتیب دو ماتریس 1×10 و 1×5 خواهد بود.

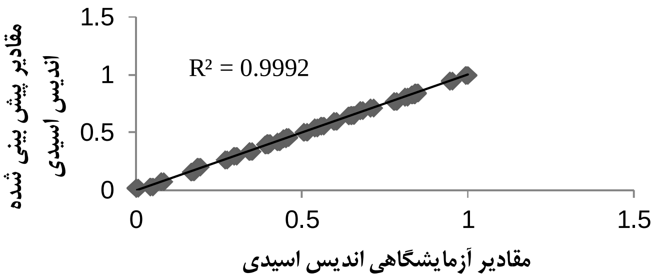
$$C=\begin{pmatrix} -2/8012 \\ -4/7352 \\ -3/8601 \\ 2/4613 \\ -0/58764 \\ 0/09257 \\ 1/8063 \\ 2/4935 \\ 2/8841 \\ -2/693 \end{pmatrix} \quad D=\begin{pmatrix} 0/3966 \\ 0/7773 \\ 0/83526 \\ 0/90357 \\ 0/51509 \end{pmatrix}$$



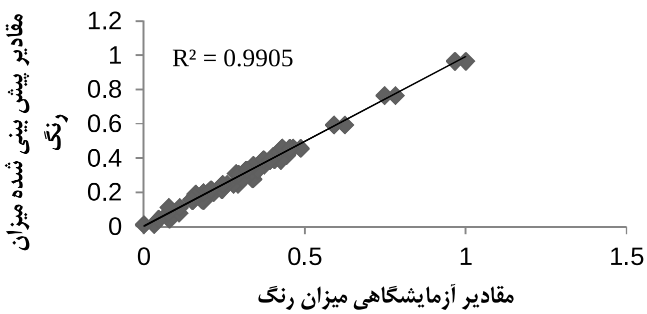
(الف)



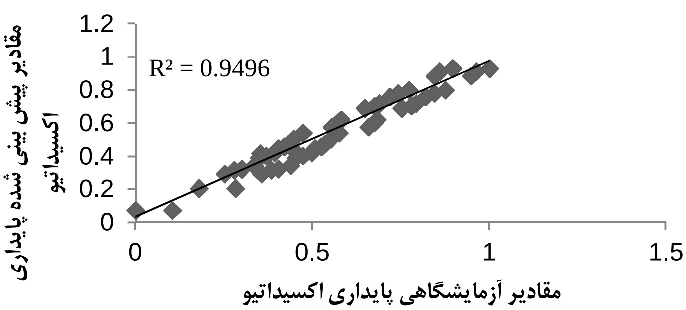
(ب)



(ج)



(د)



شکل 2- نمودار تغییرات مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی برای توپولوژی (پیکربندی) بهینه (**5-10-3**) در مقابل مقادیر آزمایشگاهی برای راندمان استخراج روغن (الف)، اسیدیته (ب)، اندیس اسیدی (ج)، رنگ روغن (د) و پایداری اکسیداتیو (و)

منابع

امیرمرادی، ش. و رضوانی مقدم، پ.1390. اثر تراکم و زمان مصرف نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیکی، مراحل فنولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد سیاه‌دانه. نشریه علوم باغبانی(علوم و صنایع کشاورزی). 25: 251- 260.

گلی‌ا ،ح.، کدیور، م.، بهرامی، ب. و سبزعلیان، م.ر. 1386. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی روغن دانه ماریتیغال. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران. 4: 241- 254.

Anderson, D. 1996. A primer on oils processing technology. In Y. H. Hui (Ed) Bailey's industrial oil and fat products. JohnWiley and Sons, Inc., New York. 4: 10-17.

AOAC. 2008. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, Vol. II. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.

AOCS. 1993. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, AOCS Press, Champaign, IL. 762p.

Antonio, J.Y. and Dorado, M.P. 2006. A neural network approach to simulate biodiesel production from waste olive oil. Energy Fuels. 20:399–402.

Atta, M.B. 2003. Some characteristics of nigella (*Nigella sativa* L.) seed cultivated in Egypt and its lipid profile. *Journal of Food Chemistry*. 83: 63-68.

Azadmard, D.S., Habibi, N. F., Hesari, J., Nemati, M. and Fathi, A. B. 2010. Effect of pretreatment with microwaves on oxidative stability and nutraceuticals content of oil from rapeseed. *Food Chemistry*. 121, 1211–1215.

Cheikh-Rouhou, S., Besbes, S., Hentati, B., Blecker, C., Deroanne, C. and Attia, H. 2007. *N. sativa* L.: Chemical composition and physicochemical characteristics of lipid fraction. *Journal of Food Chemistry*. 101(2), 673-681.

Karaman, S., Ozturk, I., Yalcin, H., Kayacier, A. and Sagdi, O. 2012. Comparison of adaptive neuro fuzzy inference system and artificial neural networks for estimation of oxidation parameters of sunflower oil added with some natural byproduct extracts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 92(1), 49-58.

Khazaei, J. and Daneshmandi, S. 2007. Modeling of thin-layer drying kinetics of sesame seeds: mathematical and neural networks modeling. *International Agrophysics*. 21, 335-348

Kittiphoom, S. and Sutasinee, S. 2015. Effect of microwaves pretreatments on extraction yield and quality of mango seed kernel oil. *International Food Research Journal*. 22(3), 960-964.

Klaypradit, W., Kerdpiboon, S.and Singh, R.K. 2011. Application of artificial neural networks to predict the oxidation of menhaden fish oil obtained from Fourier transform infrared spectroscopy method. *Food bioprocess Technology*. 4(3):475-80.

Lou, Z., Wang, H., Zhang, M. and Wang, Z. 2010. Improved extraction of oil from chickpea under ultrasound in a dynamic system. *Journal of Food Engineering*. 98: 13-18.

Lu, B., Zhang, Y., Wu, X. and Shi, J. 2007. Separation and determination of diversiform phytosterols in food materials using supercritical carbon dioxide extraction and ultraperformance liquid chromatography–atmospheric pressure chemical ionization–mass spectrometry, *Analytica Chimica Acta*. 588. 50–63.

Mandal, V., Mohan, Y. and Hemalatha, S. 2007. Microwave Assisted Extraction – An Innovative & Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research. *Pharmacognosy Reviews*. 1: 8-14.

Machavaram, R., Jena, P.C. and Raheman, H. 2008. Predictionof optimized pretreatment process parametersfor biodiesel pro-duction using ANN and GA. Fuel 88:868–875

Meireles, A. and Angela, M. 2003. Supercritical extraction from solid: Process design data. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*.7: 321–330.

Przybylski, R. and Zambiazi, R. C. 2000. Predicting oxidative stability of vegetable oils using neural network system and endogenous oil components. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 77(9), 925-932.

Savoire, R., Lanoiselle, J.L. and Vorobiev, E. 2013. Mechanical continuous oil expression from oilseeds: a review. *Food and Bioprocess Technology*. 6 (1), 1–16.

Sultana, B., Anwar, F. and Przybylski, R. 2007. Antioxidant potential of corncob extracts for stabilization of cornoil subjected to microwave heating. *Food Chemistry*. 104: 997–1005.

Singer, A., Nogala-Kalucka, M. and Lampart-Szczap, E. 2008. The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plants oil. *Journal of Food Lipids*.15: 137-149.

Singh, P., Kumar, R., Sabapathy, S.N. and Bawa. S. 2008. Functional and edible uses of soy protein products. Comprehensive *Reviews in Food Science and Food Safety*. 7(1), 14-28.

Taghvaei, M., Jafari, S.M., Assadpoor, E., Nowrouzieh, S. and Alishah, O. 2014. Optimization of microwave-assisted extraction of cottonseed oil and evaluation of its oxidative stability and physicochemical properties. *Food Chemistry* 160: 90–97.

Terigar, B.G., Balasubramanian, S., Sabliov, C.M., Lima, M. and Boldor, D. 2011. Soybean and rice bran oil extraction in a continuous microwave system: From laboratory- to pilot-scale. *Journal of Food Engineering*. 104(2): 208–217.

Wang, L. and Weller, C.L. 2006. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends Food Science and Technology*. 17: 300-12.

Yolmeh, M., Habibi Najafi, M.B., Salehi, F. 2014. GA-ANN and ANFIS modeling of antibacterial activity of annatto dye on Salmonella enteritidis. Microb. Pathogenesis. 67: 36-40.

Zeng, X., Han, Z. and Zi, Z. 2010. Effect of Pulse Electric Field Treatment on Quality of Peanut Oil. *Food Control*. 21: 611- 614.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 1, Apr. May. 2018, p. 17- 26

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 1، فروردین-اردیبهشت 1397 ص. 26-17

Modeling of the some selected chemical properties of black Cumin seeds' oil influenced by microwave pretreatment and screw rotational speed

H. Bakhshabadi[1], H. A. Mirzaei[2*], A. R. Ghodsvali[3], S. M. Jafari[2], A. M. Ziaiefar[2]

Received: 2016.07.23
Accepted: 2016.11.05

Introduction: Black Cumin seed (*Nigella sativa* L.) as one of the novel edible oil resources used commonly nowadays as seasoning in food product industries due to considerable medicinal properties and high nutritional impacts. Oil extraction by pressing method as an approach compared to other methods including solvent extraction is faster, safer and cheaper. In the oil extraction process, the preparation of the seeds is a substantial stage for obtaining oil with high quality and efficiency. Microwaves are electromagnetic waves that have a frequency ranged from 300 MHz to 300 GHz with corresponding wave lengths ranged from 1 mm to 1 m. On the other hand the artificial neural network as a powerful predictive tool in a wide scale of process parameters has been studied on an industrial scale in this research in order to achieve a simple, rapid, precise as well as effective model in the oil extraction of *Nigella sativa* L seed.

Materials and Methods: In the present study Black Cumin seeds after preparation including cleaning and passing resistance of the samples in front of air and moisture were stored in a plastic bag until the day of experiments. Then, they have been pre-treated with microwave within different processing times (90, 180 and 270 S) and powers (180, 540, and 900 W). Afterwards, seeds' oil was extracted by screw rotational speed levels approach (11, 34 and 57 rpm). Different selected parameters including extraction efficiency, oil acidity value, color and oxidative stability were determined. To predict the alterations trend, the artificial neural network (ANN) design in MATLAB R2013a software was used.

Results and Discussion: According to MSE and R^2 values obtained in this study, feed forward neural network with transfer function sigmoid hyperbolic tangent and Levenberg- Marquardt learning algorithm with topology of 3-10-5 (input layer with 3 neurons– a hidden layer with 10 neurons – output layer with 5 neurons) were selected as the optimal neural network with R2 more than 0.995 and MSE equal to 0.0005. Also, the results of the optimized and selected models were evaluated and these models with high correlation coefficients (over 0.949), were able to predict the changes' trend. According to the complexity and multiplicity of the effective factors in food industry processes and the results of this research, the neural network can be introduced as an acceptable model for modeling these processes. By determining the activation function in neural networks which was a function of sigmoid hyperbolic tangent in this study and also, with having the amounts of weight and bias, the connections created by the neuro-fuzzy model can be extracted. By defining this simple created mathematical equation, in computer software such as Excel, we can have a useful, simple and accurate program for predicting the desired parameters in the process of oil extraction by using microwave pre-treatment. Due to high accuracy of neural model we can trust the prediction of these models with high confidence, and this model can be used to optimize and control the process, which can lead to saving in energy and time, and on the other hand, can create a better final product.

Key words: Artificial neural network, Oil extraction, Black Cumin seed, Screw rotational speed, Microwave.

1& 2- Department of Food Materials and Processing Design Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
3-Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran.
(*- Corresponding Author Email: habibmirzaei@yahoo.ca)